

Docket No.: 2336-183

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

HONG, Yoon Shik *et al.*

U.S. Patent Application No. -----

Group Art Unit: -----

Filed: June 26, 2003

Examiner: -----

For: MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS (MEMS) VARIABLE OPTICAL  
ATTENUATOR

**CLAIM OF PRIORITY AND**  
**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

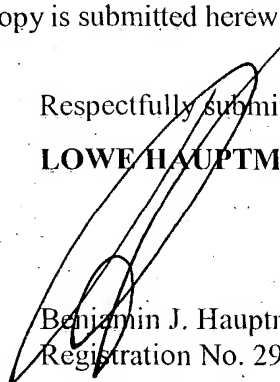
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority  
of *Korean Patent Application No. 2002-84702, filed December 27, 2002* in the present  
application. The certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

**LOWE HAUPTMAN GILMAN & BERNER, LLP**

  
Benjamin J. Hauptman  
Registration No. 29,310

1700 Diagonal Road, Suite 310  
Alexandria, Virginia 22314  
(703) 684-1111 BJH/klb  
Facsimile: (703) 518-5499  
**Date: June 26, 2003**



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0084702  
Application Number

출원 년 월 일 : 2002년 12월 27일  
Date of Application DEC 27, 2002

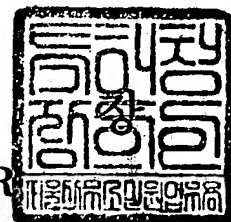
출원인 : 삼성전기주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.



2003    년    04    월    29    일

특    허    청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0004
【제출일자】	2002.12.27
【국제특허분류】	G02B 26/00
【발명의 명칭】	M E M S 가변 광감쇄기
【발명의 영문명칭】	MEMS VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR
【출원인】	
【명칭】	삼성전기 주식회사
【출원인코드】	1-1998-001806-4
【대리인】	
【성명】	손원
【대리인코드】	9-1998-000281-5
【포괄위임등록번호】	2002-047982-8
【대리인】	
【성명】	노세호
【대리인코드】	9-2001-000043-1
【포괄위임등록번호】	2002-047988-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	홍윤식
【성명의 영문표기】	HONG, Yoon Shik
【주민등록번호】	700303-1047519
【우편번호】	463-776
【주소】	경기도 성남시 분당구 서현동 시범단지 한양아파트 301동 307호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이영규
【성명의 영문표기】	LEE, Young Gyu
【주민등록번호】	650407-1357916

【우편번호】	441-704
【주소】	경기도 수원시 권선구 금곡동 LG빌리지 306-703
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정성천
【성명의 영문표기】	JUNG, Sung Cheon
【주민등록번호】	660316-1066914
【우편번호】	442-707
【주소】	경기도 수원시 팔달구 망포동 벽산아파트 117-2001
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	윤상기
【성명의 영문표기】	YOUN, Sang Kee
【주민등록번호】	710425-1030615
【우편번호】	442-755
【주소】	경기도 수원시 팔달구 원천동 원천주공아파트 104동 811호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이현기
【성명의 영문표기】	LEE, Hyun Kee
【주민등록번호】	731113-1351115
【우편번호】	442-815
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 1040-12
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	홍석기
【성명의 영문표기】	HONG, Suk Kee
【주민등록번호】	710816-1046228
【우편번호】	122-837
【주소】	서울특별시 은평구 대조동 29-10
【국적】	KR

**【발명자】****【성명의 국문표기】**

강준석

**【성명의 영문표기】**

KANG, Joon Seok

**【주민등록번호】**

671005-1797811

**【우편번호】**

442-374

**【주소】**

경기도 수원시 팔달구 매탄4동 원천주공1단지 105-1703

**【국적】**

KR

**【발명자】****【성명의 국문표기】**

이정현

**【성명의 영문표기】**

LEE, Jung Hyun

**【주민등록번호】**

690425-1914614

**【우편번호】**

442-719

**【주소】**

경기도 수원시 팔달구 매탄4동 삼성3차아파트 12동 309호

**【국적】**

KR

**【심사청구】**

청구

**【취지】**

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
손원 (인) 대리인  
노세호 (인)

**【수수료】****【기본출원료】**

20 면 29,000 원

**【가산출원료】**

10 면 10,000 원

**【우선권주장료】**

0 건 0 원

**【심사청구료】**

10 항 429,000 원

**【합계】**

468,000 원

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 가변 광감쇄기에 관한 것이다.

본 발명은, 기판과, 상기 기판 상에 상호 광축이 서로 일치되도록 정렬된 수신단 및 송신단과, 상기 기판 상에 배치된 마이크로 전자 액츄에이터와, 상기 액츄에이터에 의해 상기 두 송수신단 사이의 일정 위치로 이동가능하며, 반사도 80%이하로 일부의 빛이 투과가능하며, 투과되는 빛이 그 물질의 내부에서 점차 소멸될 수 있는 물질로 도포된 광차단막을 포함한 MEMS 가변 광감쇄기를 제공한다. 또한, 본 발명의 다른 실시형태는, 수신광도파로의 광축에 대해서는 수직인 면과 송신광도파로의 광축에 대해서는  $90^\circ$ 보다 작은 각으로 경사진 면을 갖는 구조의 광차단막을 갖는 가변 광감쇄기를 제공할 수도 있다.

본 발명의 MEMS 가변 광감쇄기에 따르면, 반사작용에 따른 산란광 발생을 억제함으로써 파장의존손실 및 편광의존손실을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 빛을 굴절시킴으로써 별도의 반사층을 도포하지 않고도 원하는 차단효과를 얻을 수 있다.

## 【대표도】

도 3

## 【색인어】

MEMS(Micro Electro Mechanical System), 가변 광감쇄기(variable optical attenuator), 광차단막(beam shutter)

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

MEMS 가변 광감쇄기{MEMS VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR}

## 【도면의 간단한 설명】

도1은 통상의 MEMS 가변 광감쇄기의 개략 사시도이다.

도2a 및 2b는 각각 종래의 MEMS 가변 광감쇄기의 평판형 광차단막을 이용하여 광의 일부를 차단하는 상태를 나타낸다.

도3은 본 발명의 일 실시형태에 따른 MEMS 가변 광감쇄기의 Ti가 도포된 평판형 광차단막을 이용하여 광의 일부를 차단하는 상태를 나타낸다.

도4는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 MEMS 가변 광감쇄기의 반썰기형 광차단막을 이용하여 광의 일부를 차단하는 상태를 나타낸다.

도5는 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른 MEMS 가변 광감쇄기의 광차단막을 이용하여 광의 일부를 차단하는 상태를 나타낸다.

도6은 본 발명에 따른 MEMS 가변 광감쇄기의 개략사시도이다.

도7a 및 7b는 각각 종래의 MEMS 가변 광감쇄기와 본 발명의 가변 광감쇄기의 파장의존손실 및 편광의존손실을 나타내는 그래프이다.

## &lt;도면의 주요부분에 대한 부호설명&gt;

11: 기판      12a, 12b: 구동전극

14: 접지전극    15: 스프링부

16: 빗살형 이동 질량부 17: 광차단막

19: 산화물층 20: 송신광섬유단

30: 수신광섬유단

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14> 본 발명은 마이크로 전자기계적 시스템(Micro Electro Mechanical System: MEMS)형 광감쇄기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 송수신 광도파로 사이에서 광신호의 광량을 조절하기 위한 미세 광차단막(beam shutter)을 개선한 MEMS 광감쇄기에 관한 것이다.

<15> 광통신용 광 감쇄기는 한 쌍의 입사단과 출사단을 구비하고, 그 입사단으로부터 광 신호에 소정의 광손실을 발생시켜 감쇄된 광출력을 출사하는 광부품을 말한다.

<16> 일반적으로, 광통신에서 광수신출력수준은 그 시스템의 구성에 따라 다양하게 사용된다. 예를 들어, 광수신출력수준은 전송거리의 장단에 의한 광섬유의 전송손실의 차이, 광섬유 접속부의 수와 전송로에 사용되는 광분기 결합등의 광부품 수 및 성능에 의해 결정된다. 따라서, 광수신부의 광량수신이 허용수준이상으로 과다한 경우에는 광 감쇄기가 요구된다. 이 외에도, 광감쇄기는 통신기기나 광측정기기에 대한 평가, 조정 및 교정에서도 다양하게 적용될 수 있다.



<17>      상기 광 감쇄기는 일정한 감쇄량을 주는 고정 광감쇄기(fixed optical attenuator)와, 감쇄량을 필요에 따라 변화시킬 수 있는 가변 광감쇄기(variable optical attenuator: VOA)로 분류될 수 있다. 광감쇄기는 보다 저렴한 비용으로 신뢰성이 우수하고 소형화된 크기로 제조될 것이 요구되고 있다.

<18>      이러한 요구를 만족시키기 위해, 최근에는 박막 기술을 이용한 MEMS(Micro Electro Mechanical System)구조로 개발되고 있다. MEMS 가변 광감쇄기의 경우에는, 박막기술을 적용하여 실리콘 등의 기판 상에 미세 구조의 액츄에이터를 형성하는 방식으로 구성된다. 통상 그 액츄에이터의 구동방식은 열팽창 또는 정전방식을 이용하며, 그 구동에 따라 광차단막의 변위가 제공되어, 송신단(또는 출사단이라고도 함)으로부터 수신단(또는 입사단이라고도 함)으로 향하는 광량을 조절하게 된다.

<19>      도1은 종래의 정전 액츄에이터를 이용한 가변 광감쇄기를 나타내는 사시도이다. 도1의 MEMS 가변 광감쇄기는, 송신단(20)과 수신단(30)을 구비한 기판(11)과, 구동전극(12a, 12b), 접지전극(14), 스프링(15) 및 이동질량부(16)로 구성된 정전 액츄에이터와, 상기 액츄에이터의 이동질량부(16)에 연결된 광차단막(17)을 포함한다.

<20>      상기 구동전극(12a, 12b)과 접지전극(14)은 산화물층("앵커(anchor)"라고도 함: 19)에 의해 기판(11) 상에 지지되며, 상기 이동질량부(16)는 상기 스프링(15)을 통해 상기 접지전극(14)에 연결되어 기판(11) 상에 부유하는 빗살구조를 갖는다. 또한, 상기 구동전극(12a, 12b)으로부터 연장된 부분(13a, 13b)도 상기 콧구조인 이동질량부(16)와 서로 맞물린 빗살(interdigitated comb)구조로 이루어진다.

<21> 도1의 구조에서 구동전극(12a, 12b)과 접지전극(14) 사이에 전위차가 형성되도록 구동신호를 인가하면, 이동질량부(16)와 구동전극 연장부(13a, 13b) 사이의 빗살구조에서 정전력이 형성되고, 그 정전력에 의해 이동가능한 이동질량부(16)가 구동전극 연장부(13a, 13b)로 이동하게 된다. 이와 같은 이동질량부(16)의 이동에 따라, 광차단막(17)이 송신광섬유단(20)과 수신광섬유단(30) 사이로 이동되어 수신광섬유단(30)로 입사되는 빛을 부분적으로 차단시킬 수 있다.

<22> 이러한 MEMS 가변 광감쇄기는 사용파장범위에 따라 감쇄량이 변하지 않아야 할 뿐만 아니라, 조절된 광량이 시간의 변화나 파장, 편광 변화 및 진동 등의 외란에 의해 발생하는 변동이 최소화될 것이 요구된다.

<23> 하지만, 종래의 가변 광쇄기는 광차단막의 평판형 구조로 인해 파장의존손실(wavelength dependent loss: WDL)과 편광의존손실(polarization dependent loss: PDL)이 크다는 문제가 있다.

<24> 도2a 및 도2b는 종래의 가변 광감쇄기의 평판형 광차단막에 의한 광감쇄효과를 설명하기 위한 개략도이다.

<25> 도2a를 참조하면, 송신단(20)으로부터 수신단(30)으로 입사되는 빛이 부분적으로 평판형 광차단막(27)에 의해 차단되는 형태가 도시되어 있다. 여기에 도시된 광차단막(27)은 통상의 액츄에이터 구조물과 동일한 실리콘이다.

<26>      상기 광차단막(27)에 의해 상당한 양의 빛(R)은 반사되어 수신단(30)으로의 입사가 차단되나, 광차단막(27)이 높은 광투과율을 갖는 실리콘이므로, 상당한 양(T)은 수신단(30)으로 입사된다. 또한, 일부의 빛(S1)은 산란되어 수신단(30)으로 입사되거나, 또 다른 일부의 산란광(S2)은 역반사되어 송신단(20)으로 재입사될 수 있다. 이와 같이, 실리콘 재질의 평판형 광차단막(27)의 낮은 차단효과를 해결하기 위해서, 도2b와 같이, Au, Ni, Cu, Al, Pt와 같이 반사도가 높은 금속(약 90%이상인 금속)이 도포된 광차단막을 사용한다.

<27>      도2b는 반사형 금속인 Au가 도포된 광차단막(37)을 이용한 예를 도시한다. 표면에 Au표면층(37a)을 갖는 광차단막(37)은 대부분의 빛(R)을 반사시켜 도2a와 같이 수신단(30)으로 입사되는 빛을 거의 발생시키지 않는다.

<28>      하지만, Au가 도포된 광차단막(37)도 산란되는 빛(S1, S2)을 발생시킨다. 그 산란된 빛의 일부(S1)는 수신단(30)으로 입사되고, 그 다른 일부는 송신단(20)으로 재반사된다.

<29>      예를 들어, Au층을 갖는 광차단막을 이용하여, 송신광섬유단에서 수신광섬유단으로 입사되는 광량의 50%를 차단하려고 할 때에, 반사되는 차단되는 광량(R)은 약 49%이고, 산란되는 광량(S1+S2)은 1%정도 발생할 수 있다. 하지만, 이러한 산란광은 비록 그 비율이 작더라도, 그 산란광에 의한 역반사(back reflection)광량이 증가할 뿐만 아니라, 파장 및 편광의 변화에 따라 민감하게 변하므로, 수신광섬유단으로 입사될 경우에는 가변 광감쇠기의 파장의존손실(WDL) 및 편광의존손실(PDL)이 증가하는 문제를 야기 할 수 있다.

<30> 이와 같이, 종래의 MEMS 가변 광감쇄기는 그 광차단막의 불완전한 차단효과에 의해 역반사광량이 증가하고, 파장의존손실(WDL) 및 편광의존손실(PDL)이 증가하므로, 감쇄기로서의 신뢰성에 문제가 된다.

<31> 따라서, 당 기술분야에서는 역반사광량을 감소시켜면서 산란광에 의한 영향을 최소화할 수 있는 새로운 광차단막을 갖는 MEMS 가변 광감쇄기를 제공하는데 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<32> 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 그 목적은 광차단막에서 역반사광량을 감소시키면서 산란광이 발생되지 않도록 비교적 높은 반사도를 가지면서도 일정한 투과율을 갖는 물질로 도포된 광차단막을 구비한 MEMS 가변 광감쇄기를 제공하는데 있다.

<33> 본 발명의 다른 목적은 광차단막에 금속반사층을 도포하지 않을 경우에, 광차단막을 투과하는 광이 수신광섬유단에 입사되지 않고 굴절될 수 있는 형상을 갖는 새로운 광차단막을 제공하는데 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<34> 상기 기술적 과제를 달성하기 위해서, 본 발명의 일 실시형태에서는,

- <35> 평탄한 상면을 갖는 기관과,
- <36> 상기 기관 상면에 배치된 마이크로 전자 액츄에이터와,
- <37> 상기 기관 상에 서로 광축이 일치되도록 정렬된 광도파용 수신단 및 송신단과,
- <38> 상기 액츄에이터에 의해 상기 송수신단 사이의 일정 위치로 이동가능하며, 반사도가 80%이하로 빛의 적어도 일부를 투과시키면서, 그 투과된 빛을 소멸시킬 수 있는 물질로 도포된 광차단막을 포함하는 MEMS 가변 광감쇄기를 제공한다.
- <39> 또한, 본 발명의 다른 실시형태에서는,
- <40> 평탄한 상면을 갖는 기관과,
- <41> 상기 기관 상에 배치된 마이크로 전자 액츄에이터와,
- <42> 상기 기관 상에 서로 광축이 일치되도록 정렬된 광도파용 수신단 및 송신단과,
- <43> 상기 액츄에이터에 의해 상기 송수신단 사이의 일정 위치로 이동가능하며, 상기 광도파용 수신단의 광축에 대해서는 수직인 면과 상기 광도파용 송신단의 광축에 대해서는  $90^\circ$ 보다 작은 각으로 경사진 면을 갖는 광차단막을 포함하는 MEMS 가변 광감쇄기를 제공한다. 본 실시형태에 따른 광차단막은 반썰기형상일 수 있다.
- <44> 나아가, 본 발명은 상기 두 가지의 실시형태를 조합하여 구현되는 것이 보다 바람직하다.
- <45> 본 발명에 채용되는 광차단막의 표면에 도포되는 물질은 Ti,  $\text{TiO}_2$ , Cr 및  $\text{CrO}_2$ , W, Te 및, Be로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 여기서 광차단막에 도포된 물질을 Ti

또는 Cr과 같은 금속을 사용할 경우에는, 상기 액츄에이터의 쿼츠물질을 도포하는 전도성 물질로 광차단막에 도포되는 물질과 동일한 금속으로 도포하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 물질 중에 금속을 선택하여 사용하는 경우에는 그 금속층을 제1층으로 하고,  $TiO_2$ 와  $CrO_2$ 와 같은 금속산화물층을 제2층으로 형성하여 산란광에 의한 영향을 보다 효과적으로 방지할 수 있다.

<46> 본 발명의 실시형태에서는, 상기 액츄에이터는, 상기 기판 상에 고정된 접지전극과, 상기 기판 상에 고정되며, 빗살형의 연장부를 구비한 구동전극과, 상기 기판 상에 배치되며, 그 일단이 상기 접지전극에 연결된 스프링과, 상기 기판 상에 배치되어 상기 구동전극의 상기 스프링의 타단에 연결되며, 상기 구동전극의 빗살형 연장부와 맞물린 빗살구조를 갖는 이동질량부를 포함하도록 구성될 수 있으며,

<47> 이와 같이 상기 액츄에이터를 구성하는 경우에는, 상기 광차단막은 상기 이동질량부에 연결되며, 상기 접지전극과 상기 구동전극의 전위차에 의해 상기 구동전극의 빗살형 연장부로의 상기 이동질량부의 이동에 의해 상기 송수신단 사이의 일정 위치로 이동될 수 있다.

<48> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.

<49> 도3은 Ti가 도포된 평판형 광차단막을 구비한 가변 광감쇄기의 작동을 설명하기 위한 개략도이다.

<50> 도3을 참조하면, 송신광섬유단(20)으로부터 수신광섬유단(30)으로 입사되는 광량이 부분적으로 평판형 광차단막(47)에 의해 차단되는 것이 도시되어 있다. 상기 평판형 광차단막(47)은 그 표면에 티타늄(Ti)물질을 도포하여 형성된 Ti층(48)을 구비한 형태이다.

<51> 본 실시형태에서 광차단막(47)을 도포하는 물질로 사용된 티타늄(Ti)은 종래의 Au층(반사도:약 98%)과 달리 광투과성 물질이다. 즉, 반사도가 약 60%이며, 전체광량의 약 40%는 투과시킨다. 이러한 투과율은 광차단막의 본체를 구성하는 실리콘(Si)보다는 적은 값이지만, 실리콘과 달리 투과되는 빛을 소멸시키는 특성도 갖고 있다.

<52> 따라서, 도3에 도시된 바와 같이, 송신광섬유단(20)으로부터 수신광섬유단(30)으로 입사되는 광량의 일부를 상기 Ti층(48)이 형성된 광차단막(47)으로 차단할 때, 그 차단된 빛의 많은 부분(R)은 반사되어 수신광섬유단(30)으로 향하지 않으며, 광차단막(47)을 통과하는 빛은 그 광차단막(47)의 Ti층(48)을 통과하는 과정에서 소멸되어 실질적으로 수신광섬유단(30)을 향하지 않는다.

<53> 또한, 광차단막(47)에 형성된 Ti층(48)은 종래의 Au와 같은 금속층과 같이 반사도가 높지 않으므로, 반사에 의한 산란광도 크게 감소시키지 않을 수 있다.

<54> 따라서, 산란광에 의해 야기되는 파장의존손실(WDL) 및 편광의존손실(PDL)을 크게 감소시켜, 가변 광감쇄기의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

<55> 본 실시형태에서 투과율이 비교적 높은 실리콘과 Ti로 구성된 평판형 광차단막을 투과하는 빛이 발생할 수 있으므로, 상기 광차단막의 Ti층은 적절한 두께로 형성하는 것이 바람직하다. 이로써, 광차단막을 투과하여 수신광섬유단으로 입사될 수 있는 빛을 거의 소멸시킬 수 있다.

<56> 본 실시형태에서는, 송신광섬유단(20)으로부터 발생하는 전체 광량이 100%이고, 이 중에서 50%의 광량을 차단하고자 광차단막(47)을 송수신광섬유단(20,30) 사이의 일정 위치로 이동시킬 때에, 상기 광차단막(47)에 반사되어 차단되는 빛은 전체 광량의 약 30%로, 나머지 빛은 대부분은 Ti층(48)을 투과하는 과정에서 소멸된다. 종래의 Au층을 갖는 광차단막과 비교하면, Au는 전체 광량의 약 49%(98%정도의 반사도를 가짐)를 반사시키지만, Ti가 도포된 광차단막으로부터 반사되는 빛이 약 20%정도 작으므로, 그로 인한 산란광도 종래의 Au 도포 광차단막보다 감소시킬 수 있다. 또한, 반사되지 않고 광차단막의 Ti층(48)을 투과하는 빛은 진행중에 소멸되므로, 투과산란광도 제거될 수 있다.

<57> 결국, 본 실시형태에서는, 파장의 변화 또는 편광의 변화에 따라 민감하게 변하는 산란광을 감소시킬 수 있으므로, 파장의존손실(WDL) 또는 편광의존손실(PDL)을 상당히 감소시킬 수 있다.

<58> 이러한 광차단막의 차단특성을 개선할 수 있는 도포물질로는, Ti뿐만 아니라, Cr, W, Te 및, Be과 같은 금속물질을 사용할 수도 있다. 또한, 금속과 같은 전도성물질 외에도,  $TiO_2$ ,  $CrO_2$ 도 본 발명에서 요구하는 광투과특성을 가지면서, 투과되는 빛을 소멸시



키는 특성을 나타낸다. 특히, Ti, Cr, W, Te 및, Be과 같은 금속물질들을 사용하는 경우에는, 그 금속층을 제1층으로 하고, 그 제1층 위에  $TiO_2$ ,  $CrO_2$ 와 같은 금속산화물을 제2층으로 형성할 수도 있다.

<59> 하기 표1을 참조하여, 본 발명에 따른 도포물질 즉, 광차단막의 표면층물질의 바람직한 예를 상세히 설명한다. 하기 표1를 참조하면, Ti, Cr, W, Te는 반사도가 약 80%이하로 그 나머지 빛은 투과시키면서, 그 재질의 두께에 따른 소멸비를 갖는 것을 알 수 있다. 즉, 표1의 금속물질은 반사도를 낮추고, 투과된 빛을 그 물질 내에서 소멸시킴으로써 산란광에 의한 영향을 최소화한 우수한 광차단특성을 나타낼 수 있다. 하기 표1의 각 물리량은 광통신용 빛의 파장인  $1.5\mu m$ 에 해당하는 값이다.

<60> 【표 1】

물질	실수부 굴절율	허수부 굴절율	반사도	소멸비 (dB/mm)
Ti	4.04	3.82	0.596	0.139
Cr	4.13	5.03	0.680	0.183
W	2.36	4.61	0.710	0.168
Te	7.23	0.48	0.574	0.017

<61> 또한, 상기 금속물질뿐만 아니라, 그 표면이 자연산화된 경우나, 상기 물질의 산화막도 상기 금속물질과 유사한 광특성을 가지므로, 본 발명에 따른 광차단막 표면층 물질로 사용가능하다. 따라서,  $TiO_2$ ,  $CrO_2$ 와 같은 산화막은 단독으로 또는 금속층과 함께 광차단막에 도포되어 표면층을 구성할 수 있다.

- <62> 도4는 반(half)폐기형 광차단막(57)을 갖는 가변 광감쇄기의 작동을 설명하기 위한 개략도이다.
- <63> 본 실시형태에서는 Au를 사용하지 않고, 광차단막(57)의 구조를 변경시킴으로써 산란광을 감소시키고, 광차단막(57)을 투과하는 빛을 굴절시켜 수신광섬유단(30)의 코어를 향하지 않도록 하는 방식을 나타낸다.
- <64> 도4에 도시된 바와 같이, 광차단막(57)은 수신광섬유단(30)의 광축(X1)과는 수직인 면을 가지며, 송신광섬유단(20)의 광축(X2)과는 경사진 면을 갖는다.
- <65> 상기 경사진 면의 각도는 광차단막(57)을 투과하는 빛이 굴절되어 수신광섬유단의 코어를 향하지 않는 범위에서  $90^\circ$ 보다 작은 임의의 각도로 정할 수 있다.
- <66> 도4에는 상기 반폐기형 광차단막(57)을 이용하여 송신광섬유단(20)으로부터 수신광섬유단(30)으로 입사되는 광량의 일부를 차단할 때에, 광량의 분포가 도시되어 있다. 일반적으로 광차단막은 다른 액츄에이터 구조물과 동일한 실리콘 물질이다.
- <67> 이러한 실리콘물질은 약 60%이상의 빛을 투과시키므로, 종래에는 이러한 투과된 빛이 수신광섬유단으로 입사되는 것을 방지하기 위해서, 광차단막에 반사층을 형성하여 반사시키는 방식을 사용하였으나, 이는 산란광에 의한 파장의존손실(WDL) 및 편광의존손실(PDL)을 증가시켜 가변광감쇄기의 신뢰성을 저하하는 문제가 있었다.
- <68> 따라서, 본 실시형태에서는 산란광을 유발하는 반사층을 사용하지 않고, 실리콘 광차단막(57)의 구조를 변경시킴으로써 일부의 광은 반사시키고, 광차단막(57)을 투과하는

빛은 굴절시킴으로써 수신광섬유단(30)으로 입사하는 것을 방지하는 방안을 제안하고 있다.

<69> 도4를 참조하면, 송신광섬유단(20)으로부터 수신광섬유단(30)으로 입사되는 광량의 일부를 반췌기형 광차단막(57)으로 차단할 때, 그 차단된 빛의 일부(R)가 반사되며, 광차단막(57)에 진입하는 빛(T)은 경사진 면과 이루는 입사각과 동일한 각으로 1차 굴절되고, 다시 수신광섬유단(30)의 광축과 수직인 광차단막(57)의 면을 통해 다시 굴절되어, 수신광섬유단(30)의 코어를 벗어나게 된다.

<70> 따라서, 도4에 도시된 반췌기형 광차단막(57)은 Au와 같이 반사도에 의한 산란광을 발생시키지 않으므로, 표면조도에 의해 미량의 산란광(S1,S2)만 발생시킬 뿐이다. 특히, 역산란광(S2)에 의해 야기되는 파장의존손실 및 편광의존손실을 크게 감소시킬 수 있다.

<71> 보다 더 바람직하게, 본 발명은 도4의 실시형태를 도3에 도시된 실시형태와 결합하여 구현된 추가적인 실시형태를 제공할 수도 있다. 이러한 실시형태는 도5에 도시되어 있다.

<72> 도5는 도2에 도시된 실시형태와 도3의 실시형태를 결합하여, 티타늄(Ti)이 도포된 반췌기형 광차단막을 구비한 가변 광감쇄기의 작동을 설명하기 위한 개략도이다.

<73> 도5에 도시된 바와 같이, 송신광섬유단(20)으로부터 수신광섬유단(30)으로 입사되는 광량의 일부를 상기 Ti층(68)이 형성된 반췌기형 광차단막(67)으로 차단할 때, 도4와 유사하게, 차단된 빛의 많은 부분(R)은 반사되어 수신광섬유단(20)으로 향하지 않는다.

<74> 하지만, 도4의 실시형태와 달리, 산란광을 포함한 광차단막을 투과되는 빛은 광차단막(67)의 Ti층(68)을 투과하는 과정에서 소멸되므로, 실질적으로 수신광섬유단(67)을 향하는 빛이 발생되지 않는다. 또한, 표면을 Ti로 도포하는 과정에서 광차단막(67)의 표면조도를 개선하게 되어, 그로 인한 산란광을 저감시킬 수 있는 효과도 있다.

<75> 앞서 설명한 바와 같이, 도5의 광차단막은 Au와 같은 반사도가 높은 금속층을 이용하지 않으므로, 반사에 의한 산란광(S)도 크게 감소시킬 수 있다. 따라서, 산란광에 의해 야기되는 파장의존손실(WDL) 및 편광의존손실(PDL)을 크게 감소시킬 수 있으며, 결국, 가변 광감쇄기의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

<76> 또한, 본 실시형태에서는, 도3에 도시된 평판형 광차단막과 같이 Ti층의 두께에 대한 제약사항이 크지 않다. 즉, 상기 평판형 광차단막의 경우에는, 투과하는 빛이 수신광섬유단을 향하지 않도록, 투과되는 빛이 소멸되기에 충분한 두께로 Ti층을 형성해야 하지만, 본 실시형태에서는 광차단막(67)의 구조가 반췌기형상으로 이루어져 있으므로, 도4에서 설명한 바와 같이 광차단막(67)에 진입하는 빛은 경사진 면과 이루는 입사각과

동일한 각으로 1차 굴절되고, 다시 수신광섬유단(30)의 광축과 경사진 광차단막(67)의 반대면을 통해 다시 굴절되어, 수신광섬유단(30)의 코어를 벗어나게 된다.

<77> 따라서, 본 실시형태에서는, 종래의 Au 도포 광차단막에 비해 반사로 인한 산란광을 약 1/3배로 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 일부 투과되는 빛도 굴절시켜 역산란광이 수신광섬유단으로 입사하는 것을 방지할 수 있다.

<78> 도6은 본 발명에 따른 광차단막을 구비한 MEMS 가변광감쇄기의 개략사시도이다.

<79> 상기 MEMS 가변 광감쇄기는, 송신단(20)과 수신단(30)을 구비한 기관(71)과, 구동전극(72a, 72b), 접지전극(74), 스프링(75) 및 이동질량부(76)로 구성된 정전 액츄에이터와, 상기 액츄에이터의 이동질량부(76)에 연결된 광차단막(77)을 포함한다. 상기 구동전극(72a, 72b)과 접지전극(74)은 산화물층(79)에 의해 상기 기관(71) 상에 지지되며, 상기 이동질량부(76)는 상기 스프링(75)을 통해 상기 접지전극(74)에 연결되어 기관(71) 상에 떠 있는 상태로 된다. 상기 스프링(75)은 다른 액츄에이터와 동일한 물질로 이루어진 탄성구조물로서 도6에는 굴곡된 형상으로 도시되어 있으나, 실제로는 이러한 형상에 제한되지는 않는다. 또한, 상기 구동전극(72a, 72b)으로부터 연장된 부분(73a, 73b)과 이동질량부(76)는 도시된 바와 같이 서로 맞물린 빗살구조로 이루어질 수 있다.

<80> 상기 MEMS 가변 광감쇄기의 광차단막(77)은 광송신섬유단을 향해 경사면을 갖는 반췌기형상의 구조를 갖는 구조이다. 추가적으로 광차단막의 표면에 도5에 도시된 형태와 같이, Ti층으로 형성할 수도 있다. 이와 같이, 광차단막의 광차단특성을 향상시키기 위

해 Ti와 같은 금속으로 표면층을 형성한 경우에는, 구동전극(72a, 72b)과 접지전극(74)을 포함한 전극부의 전극물질로 그와 동일한 금속을 도포시킬 수 있다. 따라서, 광차단막(77)의 표면층을 금속물질로 사용하는 경우에는 전극부에 대한 전극물질 도포공정과 광차단막 표면층형성공정을 동시에 수행할 수 있다는 잇점이 있다.

<81> 본 발명에 따른 MEMS 가변 광감쇄기의 광차단막은, 파장과 편광에 민감한 산란광의 영향을 최소화시키므로써, 파장의존손실과 편광의존손실을 크게 개선할 수 있다. 이와 같은 결과는 도6a와 도6b의 그래프로 도시되어 있다.

<82> 도7a 및 7b는 종래의 Au가 도포된 평판형 광차단막과 본 발명에 따른 Ti가 도포된 반썰기형 광차단막의 파장의존손실을 감쇄량 0dB, 10dB, 20dB에 대해 측정한 그래프이다. 상기 그래프에서 세로축은 변동량을 나타내며, 박스는 각 실험의 변동량에 대한 분포 상태를 나타낸다.

<83> 도7a와 같이, 감쇄량 0dB에 대한 파장의존손실의 경우, 본 발명에 따른 Ti가 도포된 반썰기형 광차단막에서는 거의 발생하지 않으나, Au가 도포된 평판형 광차단막인 경우에는, 거의 0.1 ~ 0.2dB까지의 변동량을 나타내었다. 이는 통상의 가변 광감쇄기의 액츄에이터를 구성하는 구조물도 광차단막의 Au 금속과 동일한 공정으로 도포되므로, 그 도포된 Au층으로 인해 발생하는 외란에 의한 것이다.

<84> 또한, 감쇄량 10dB에 대한 파장의존손실의 경우에는, Au가 도포된 평판형 광차단막을 이용할 때는 약 0.2~0.4dB로 나타났으며, 본 발명에 따른 Ti가 도포된

반썰기형 광차단막의 경우에는, 0.1dB정도로 낮은 분포를 나타내었다. 감쇄량 20dB에 대한 파장의존손실의 경우에는 두 광차단막 간의 변동량 차이가 더욱 커져서, Au가 도포된 평판형 광차단막에서는 약 0.4~1dB로 나타났으며, 본 발명에 따른 Ti가 도포된 반썰기형 광차단막의 경우에는, 약 0.3dB정도로 나타났다.

<85> 한편, 편광의존손실에서도 본 발명에 따른 가변광감쇄기에서 우수한 특성을 나타내었다. 도7b를 참조하면, 감쇄량 0dB의 경우에는, 본 발명에 따른 Ti가 도포된 반썰기형 광차단막과 Au가 도포된 평판형 광차단막의 모든 경우에서 거의 변동량이 발생하지 않으나, 감쇄량 10dB에 대한 편광의존손실의 경우에는, Au가 도포된 평판형 광차단막에서는 약 0.3~1dB로 나타났으나, 이에 반해 본 발명에 따른 Ti가 도포된 반썰기형 광차단막에서는, 약 0.2dB정도로 나타났으며, 감쇄량 20dB에 대한 편광의존손실의 경우에는, Au가 도포된 평판형 광차단막에서는 약 0.7~1.6dB로 나타났으나, 본 발명에 따른 Ti가 도포된 반썰기형 광차단막에서는, 약 0.2dB정도로 매우 낮게 나타났다.

<86> 이와 같이, 본 발명에 따른 광차단막을 구비한 가변 광감쇄기는, 반사로 인한 산란광을 발생을 억제함으로써 파장 및 편광에 따라 변화하는 광량변동을 최소화할 수 있다.

<87> 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 하며, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나

지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다.

#### 【발명의 효과】

<88> 상술한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 소정의 투과율을 가지면서도 투과중인 빛을 소멸시킬 수 있는 물질을 선택하여 광차단막에 도포하여 종래의 표면층의 반사작용에 따른 산란광의 발생을 감소시킴으로써 파장의존손실 및 편광의존손실을 개선하여 신뢰성있는 가변 광감쇄기를 제공할 수 있다.

<89> 또한, 본 발명의 다른 실시형태에서는, 가변광감쇄기의 광차단막 구조를 상기 수신광도파로의 광축에 수직인 면을 가지며, 상기 송신광도파로의 광축에  $90^\circ$ 보다 작은 각으로 경사진 면을 갖는 반썰기형 구조로 형성하여 통과되는 빛이 방향으로 수신광도파로에 입사되지 않도록 굴절시킴으로써 별도의 반사층을 도포하지 않고도 원하는 차단효과를 얻을 수 있다.



**【특허 청구범위】****【청구항 1】**

평탄한 상면을 갖는 기판;

상기 기판 상면에 배치된 마이크로 전자 액츄에이터;

상기 기판 상에 서로 광축이 일치되도록 정렬된 광도파용 수신단과 송신단; 및,

상기 액츄에이터에 의해 송수신단 사이의 일정 위치로 이동가능한 광차단막을 포함하고,

상기 광차단막의 표면에 반사도가 80%이하로 빛의 일부를 투과시키면서, 그 투과된 빛에 대해 재질의 두께에 따른 광소멸비를 갖는 물질로 도포된 표면층을 갖는 MEMS 가변 광감쇄기.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서,

상기 표면층은 Ti,  $TiO_2$ , Cr,  $CrO_2$ , W, Te 및 Be로 구성된 그룹으로부터 선택된 어느 한 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서,

상기 표면층은

Ti, Cr, W, Te 및 Be로 구성된 그룹으로부터 선택된 어느 한 물질로 이루어진 제1층 및,

상기 제1 층 상에 형성되며,  $\text{TiO}_2$  또는  $\text{CrO}_2$ 로 이루어진 제2 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 광차단막은 상기 송신단과 수신단의 광축에 경사지도록 배치된 평판구조인 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 광차단막은 상기 광도파용 수신단의 광축에 수직인 면을 가지며, 상기 광도파용 송신단의 광축에  $90^\circ$ 보다 작은 각으로 경사진 면을 갖는 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

【청구항 6】

제4항에 있어서,

상기 광차단막은 반썰기형상인 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 액츄에이터는,

상기 기판 상에 고정된 접지전극과 구동전극을 구비한 전극부;

상기 기판 상에 배치되며, 그 일단이 상기 접지전극에 연결된 스프링; 및,

상기 기판 상에 배치되어 상기 구동전극의 상기 스프링의 타단에 연결되며, 상기 구동전극을 향해 이동가능한 구조를 갖는 이동질량부를 포함하는 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

**【청구항 8】**

제1항 또는 제7항에 있어서,

상기 표면층은 Ti, Cr, W, Te 및 Be로 구성된 그룹으로부터 선택된 어느 한 물질로 형성되고,

상기 전극부의 전극물질은 상기 표면층을 구성하는 금속과 동일한 금속으로 도포되는 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

**【청구항 9】**

평탄한 상면을 갖는 기판;

상기 기판 상면에 배치된 마이크로 전자 액츄에이터;

상기 기판 상에 서로 광축이 일치되도록 정렬된 광도파용 수신단과 송신단; 및,

상기 액츄에이터에 의해 상기 송수신단 사이의 일정 위치로 이동가능한 광차단막을 포함하고,

상기 광차단막은 광도파용 수신단의 광축에 대해서는 수직인 면과 상기 광도파용 송신단의 광축에 대해서는  $90^\circ$ 보다 작은 각으로 경사진 면을 갖는 광차단막을 포함하는 MEMS 가변 광감쇄기.

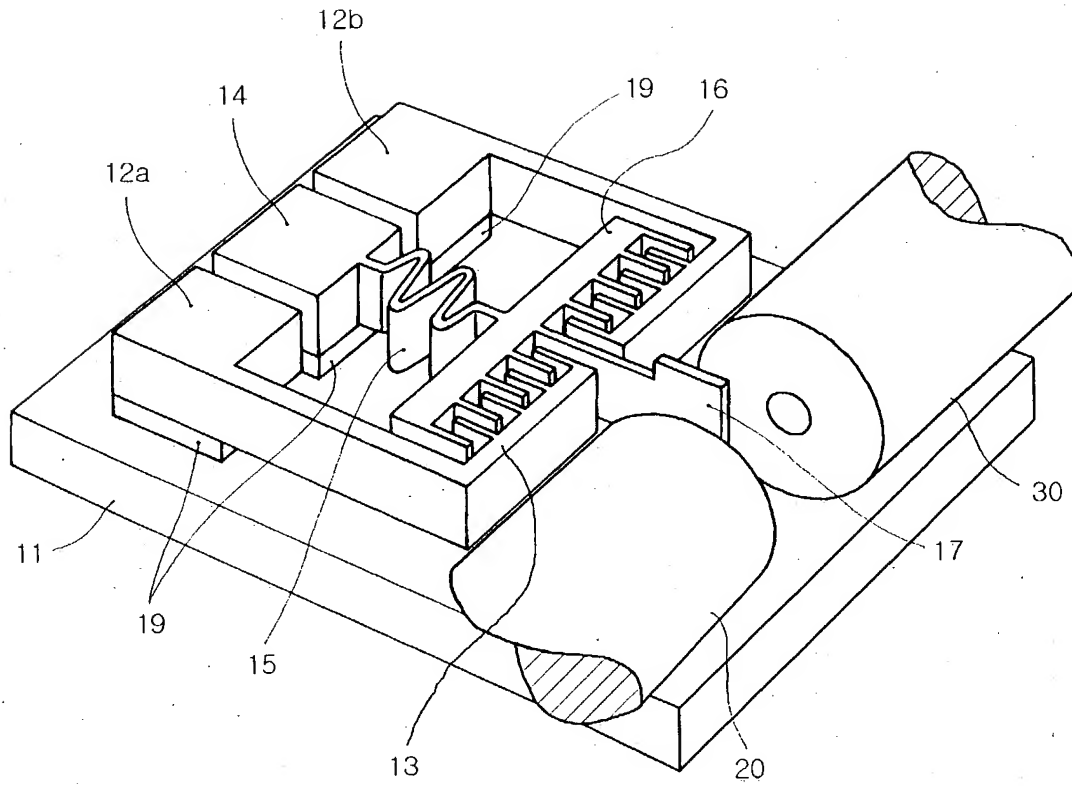
【청구항 10】

제9항에 있어서,

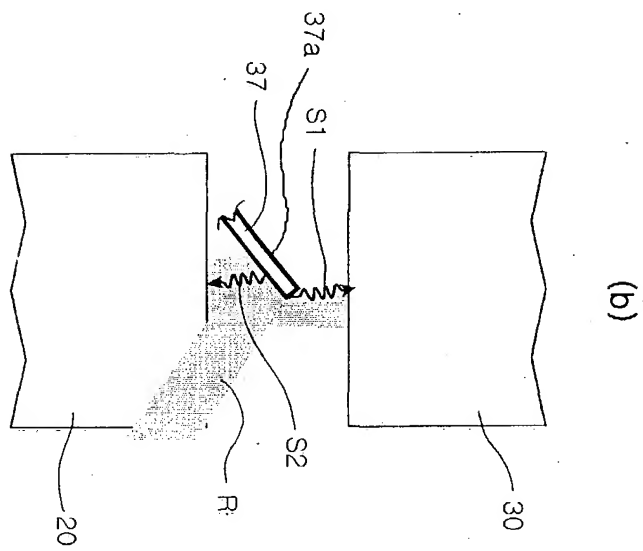
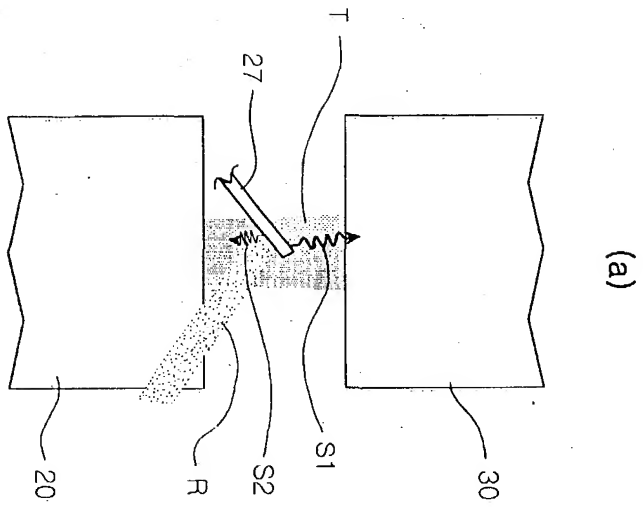
상기 광차단막은 반세기형상인 것을 특징으로 하는 MEMS 가변 광감쇄기.

【도면】

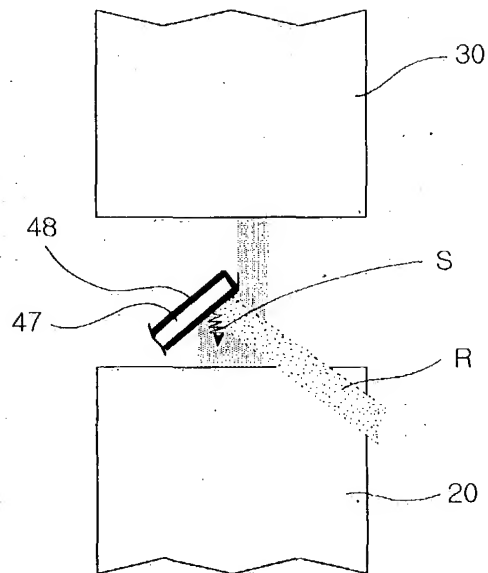
【도 1】



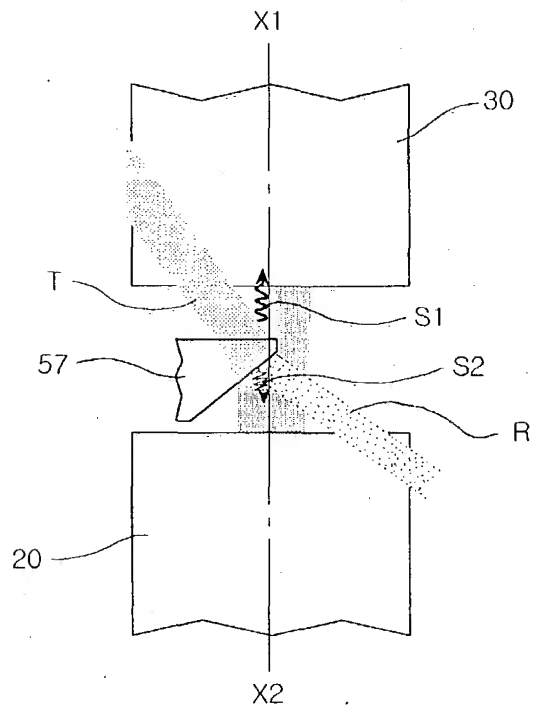
【도 2】



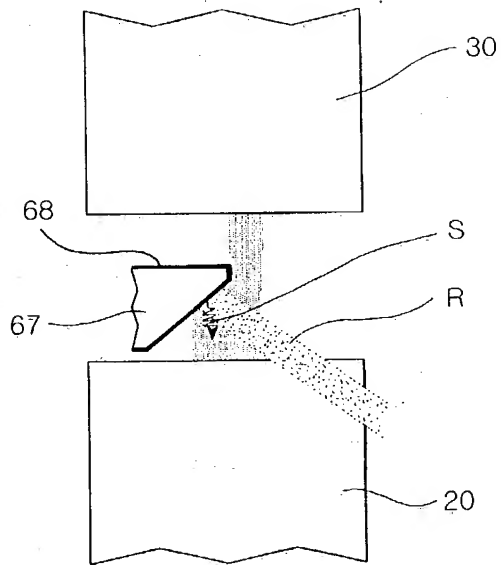
【도 3】



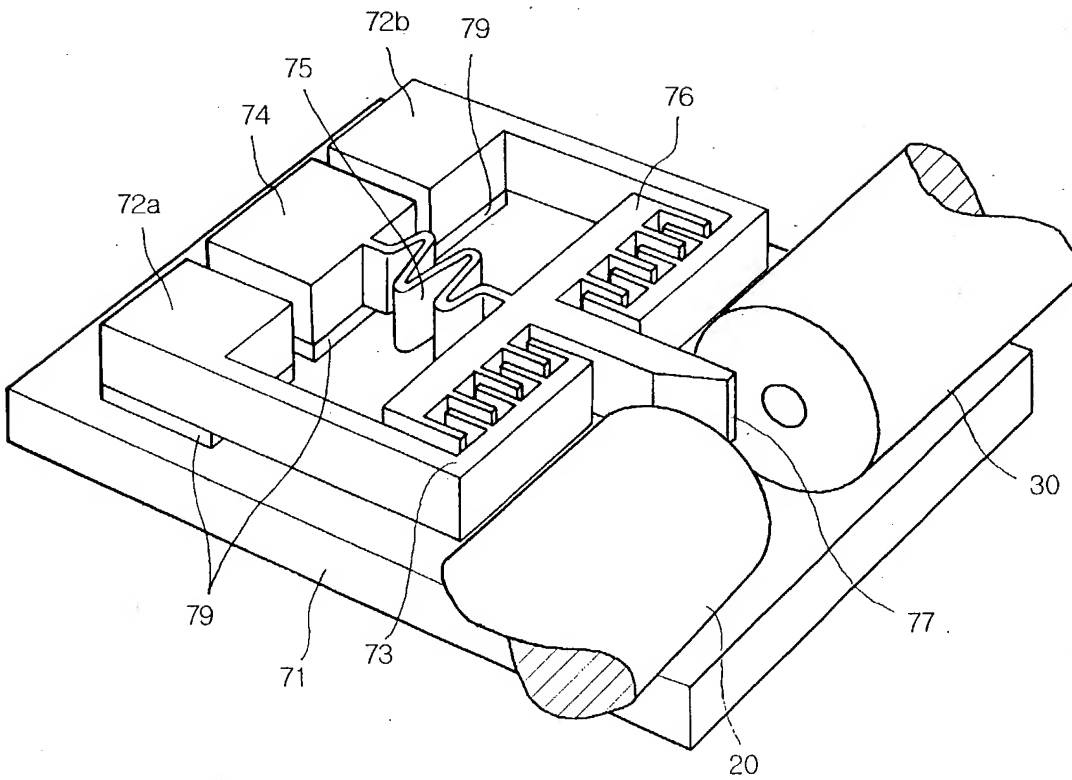
【도 4】



【도 5】



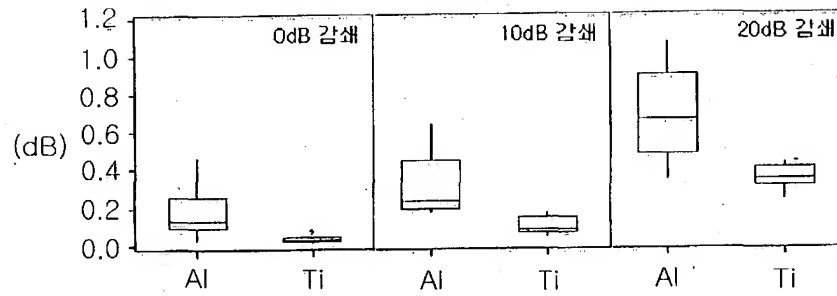
【도 6】





【표 7】

(a)



(b)

